

THE CONSTRUCTION AND VALIDATION OF THE TEST OF GRAPHING IN SCIENCE (TOGS)

MCKENZIE D. L., & PADILLA M. J.

Journal of Research in Science Teaching, VOL. 23, NO. 7, pp. 571-579 (1986)

◆ Introduction

- 情報化が急速に進む我々の社会の中で、変数の関係や傾向を表現する方法の重要性が増大してきている
 - ◇ 社会科学, 生物学, 物理学などのあらゆる科学や政治的決定などの社会的な機能も量的なデータの適切な使用に大きく影響を受ける (MacDonald-Ross, 1977)
- 量的なデータを表現するモードの一つとして線グラフが挙げられる
 - ◇ 線グラフは2つの連続的な変数の関係性を表すことができる
 - ◇ 複雑な概念やアイデアのコミュニケーションを促進する
- グラフの作成と解釈は科学や数学の教育の中で重要な能力とされてきた(Gallagher, 1979)
 - ◇ グラフの構成 (construction) は小学校から教えられる
 - ◇ グラフの解釈 (interpretation) 中学教育で重要な位置を占める
- **Minnesota Mathematics and Science Teaching Project (1971)**
 - ◇ “Comparing Changes.”の章におけるグラフ教育の目標
 - 子供はグラフを見ながら植物がいかにかに生長するかを考え, 生長過程を予想する。子供はグラフについて, 生長している植物の高さと期間の関係を図示したものであることを学習する。さらに, 育てている植物の生長曲線と同種の他の植物の生長曲線が異なるカーブを描くことを発見する
- グラフの構成と解釈のスキルの重要性が認められているにもかかわらず, 多くの研究で, 学生の多くがこれらのスキルを獲得していないことが示唆されている(Thorp, 1933; Thomas, 1933; Peterson & Schramm, 1954; Shaw, Padilla, & McKenzie, 1983)
 - ◇ いくつかの研究において線グラフは, 最も解釈が難しいタイプのグラフであることがわかっている(Thomas, 1933; MacDonald-Ross, 1977; Peterson & Schramm, 1954)
 - グラフが理解や記憶の助けになっていないのは, 単に, 学生がグラフを適切に使用できないからではないか (Weintraub, 1967)
- グラフの重要性と, グラフスキルの欠如を併せて考えると, この分野は研究すべき領域である
- グラフスキルについての情報のベースラインを確立するために, グラフのスキルを適切に測定する信頼性のある検査の作成が必要である
 - ◇ この研究の目的はグラフスキルについてのテストの発展と有効性の確認である

◆ Methods, Data Sources, and Results

- ◇ 測定のために選ばれたグラフスキルは線グラフの構成と解釈に関連するものであった
- ◇ 構成と解釈の2つの大きな領域に含まれる9つの下位スキルが定義された
 - 適切な軸の選択, グラフ上への点のプロット, 適合する線の描画, 挿入 (interpolating), 推定 (extrapolating), 変数の関係性の記述, 2つのグラフに表現されたデータの関係の記述, 等を含む
- ◇ Objectives for the Test of Graphing in Science (TOGS).
 1. 与えられた調査の記述やデータの表を考慮して, 適切な軸のセットを選択することができる
 2. 与えられたデータのポイントや座標のセットをグラフ上に対応させることができる
 3. 与えられた調査の記述やデータの表を考慮して, グラフと操作された変数を適切に同定することができる
 4. 一連のグラフを考慮して, 最も適切に適合する線のあるグラフを選択することができる
 5. 与えられた調査の記述やデータの表を考慮して, 正しくデータを表示するグラフを選択することができる
 6. グラフとX (or Y) の値を考慮して, 対応するY (or X) の値を選択することができる
 7. 状況とグラフを考慮して, データ中に表現された傾向を同定することができる
 8. グラフで表された関係 (直線的か曲線的か) を考慮して, 関係の適切な記述を選択できる
 9. 2つの関連するグラフの関係性を考慮して, 2つのグラフの結果を相互に関連づけ一般化することができる
- ◇ 4択問題を26問構成
 - グラフの構成を扱った5つの対象に対して14個 (Fig. 2)
 - グラフの解釈に関連した4つ対象に対して12個 (Fig. 3)
 - 中学生に適した内容
 - 複雑な科学的な概念は含んでいない
 - 自動車旅行で使用したガソリンの量
 - ジョギング後の心拍数 など
- ◇ 内容の妥当性の評価のために, 7名の科学教育者に対してTOGSの26項目とそれぞれの対象とするものを提示した
 - 目的との一致: 94%

- 正答率：98%
- 対象と内容の妥当性，客観的な採点について強い保証が得られた

➤ **Field Trial I**

- ◇ TOGSの信頼性の検定と項目の難易度の算出のために第一版を実施
- ◇ 調査対象：中学1年，3年，高校2年の学生 197名
 - 2つの学校から
 - 必修の科学か英語のクラスで実施
- ◇ 結果
 - 得点分布：3～24点（26点満点）（ $X = 13.8$ $SD = 5.2$ ）
 - 信頼性
 - ※クーダー・リチャードソンの公式（KR-20）

$$\frac{\text{項目数}}{\text{項目数}-1} \left(\frac{2 \cdot \text{各項目の共分散の和}}{\text{合計得点の分散}} \right)$$

- 全体：0.81
- 学年別
 - ◇ 中学2年：0.77
 - ◇ 中学3年：0.72
 - ◇ 高校2年：0.76
- 難易度
 - 平均：0.55
 - レンジ：0.27～0.76
- 点双列相関（point biserial correlations）
 - 項目ごとの相関
 - 平均：0.42

➤ **Revision and Field Trial 2**

- ◇ Field trial 1を踏まえて、いくつかの項目の改訂を行った
 - 複数の意味にとれる表現を避ける
 - 単純でわかりやすい単語の使用
 - 改訂版のThe FOG readability index (Gunning, 1968)を使用した読みやすさの評価は 6.2
 - 90%~100%の読解を保証する
 - ◇ 中学2年~高校3年までの377名の学生に実施（必修の科学と英語の授業で実施）
 - ◇ 結果
 - 学年ごとの結果は Table 1
 - 得点分布： 2 ~26 点（26点満点）（ $X = 13.3$ $SD = 5.3$ ）
 - 信頼性
 - 全体：0.83
 - 学年別：0.71（中学2年）~0.88（中学3年）
 - 難易度
 - 平均：0.51
 - レンジ：0.21~0.84
 - 点双列相関（point biserial correlations）
 - 平均：0.43
 - 26項目中24項目は 0.3以上
 - 残りの2項目も0.3に近い値だった
- グラフスキルの高い人と低い人をちゃんと区別できる

TABLE 1 Statistics and Indices, by Grade Level, for the Test of Graphing in Science

GRADE LEVEL	N	MEAN (SD)	MEAN DIFFICULTY	MEAN DISCRIMINATION	RELIABILITY (KR-20)
7	55	11.85(4.54)	.46	.37	.77
8	90	11.16(4.07)	.43	.33	.71
9	60	15.42(5.97)	.59	.49	.88
10	63	14.76(5.52)	.57	.45	.85
11	73	13.27(5.48)	.51	.44	.84
12	36	14.83(4.97)	.57	.44	.82
TOTAL	377	13.30(5.32)	.51	.43	.83

- 内容ごとの分析
 - 学年別の結果は Table 2
 - グラフの構成に関する14項目
 - ◇ 信頼性：0.68
 - ◇ 難易度平均：0.51
 - グラフの解釈に関する12項目
 - ◇ 信頼性：0.73
 - ◇ 難易度平均：0.50

TABLE 2 Statistics and Reliabilities, by Grade Level for the Construction and Interpretation Subtests

SUBTEST	GRADE	N	MEAN (SD)	RELIABILITY (KR-20)
CONSTRUCTION (14 Items)	7	55	6.76(2.54)	.63
	8	90	6.27(2.01)	.41
	9	60	8.17(3.22)	.78
	10	63	7.87(3.14)	.76
	11	73	7.27(2.90)	.70
	12	36	5.94(2.34)	.74
	TOTAL		377	7.25(2.82)
INTERPRETATION (12 Items)	7	55	5.09(2.57)	.64
	8	90	4.89(2.59)	.64
	9	60	7.25(3.11)	.78
	10	63	6.89(2.87)	.73
	11	73	6.00(2.98)	.73
	12	36	7.08(2.81)	.73
	TOTAL		377	6.05(2.96)

➤ *Measures of Validity*

- ◇ 基本的な因子数を決定するために principal factor analysis (SAS, 1982) を行ったところ、1因子構造であった
- ◇ 因子寄与率は 0.23~0.74
- ◇ これはグラフの構成と解釈についてのスキルが深く関連していることを示して

いる

- ◇ TOGS は広くグラフスキルと呼ばれるものを測定することができる

- ◇ 追加の分析
 - 中学3年生69名に対して，グラフの解釈と構成についてのワークシートを使用した模擬実験の授業を実施
 - 期間：1週間
 - 20点満点の事後テストを実施
 - 平均：15.1点（SD=3.4）
 - レンジ：3～20点
 - 信頼性 クロンバックの $\alpha=0.65$
 - 事後テストとTOGS の相関は0.73
- TOGS は学生のグラフスキルを適性に評価している

◆ Conclusions

- 大量のデータが利用可能となった現代において，情報の変換と解釈の重要性は増してきている
- ◇ しかし，これらのスキルについての研究はほとんどない
- ◇ 実験やその他の調査でデータを収集する活動は，グラフスキルを練習するいい機会となるだろう
- TOGS は教師にとっても学習研究者にとっても有効なものとなるだろう
 - ◇ 教師が学生に対してTOGS を実施することで
 - グラフスキルのどの部分について学習させたら良いかの判断材料となる
 - グラフスキルの獲得の評価ができる
 - ◇ 研究者としては，
 - グラフスキルの獲得に対して効果的な教育方法についての研究における測定に使用できる
 - グラフスキルに関わる認知能力との関係についての研究に使用できる
- グラフスキルはすべての科学に共通する能力である
 - ◇ グラフに関する教育をし損なうことは，科学的な概念の学習において，学生に不利益を与える
 - ◇ グラフスキルの効果的な教育方法についての研究が必要である
 - ◇ そのために TOGS は有効な測定指標となるだろう*

*Copies of TOGS can be obtained from either author.

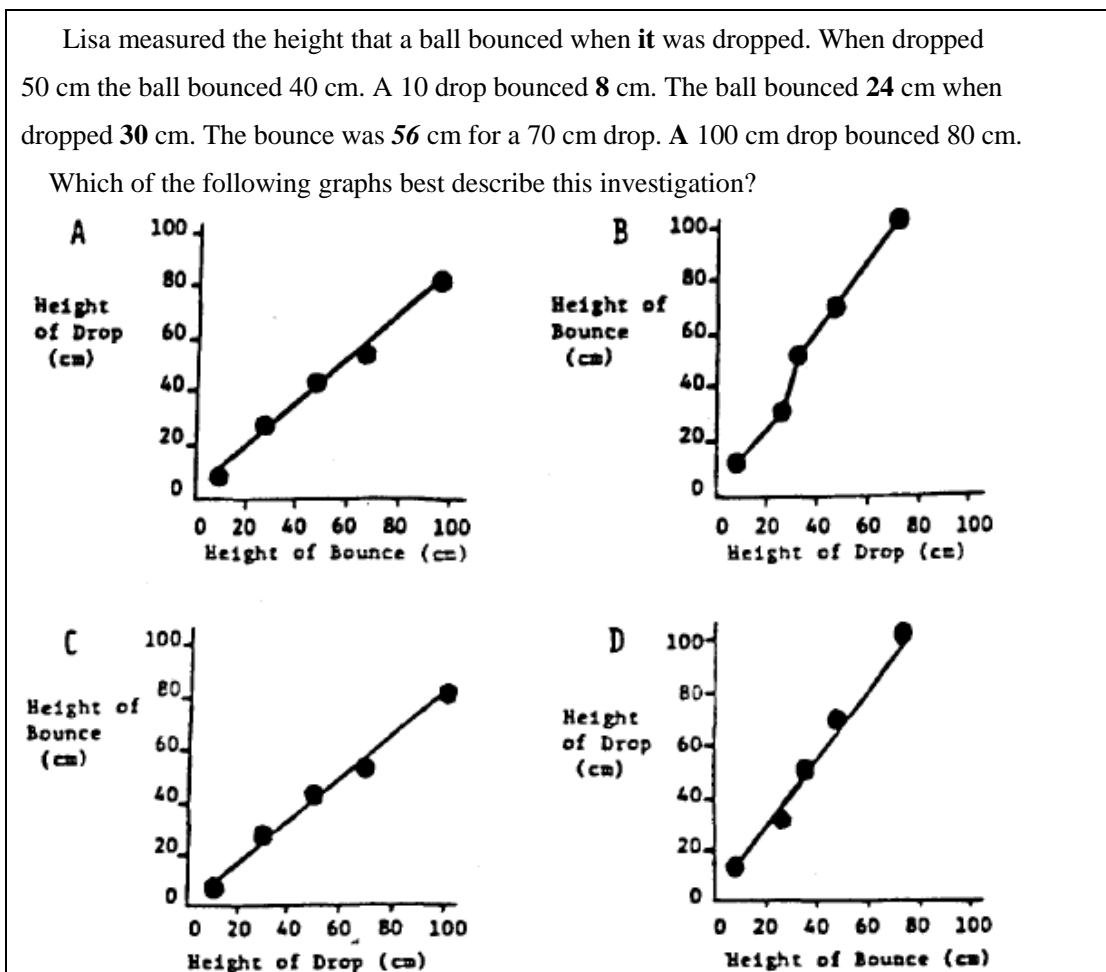


Fig. 2. An item from the Test of Graphing in Science. This is keyed to Objective 5.

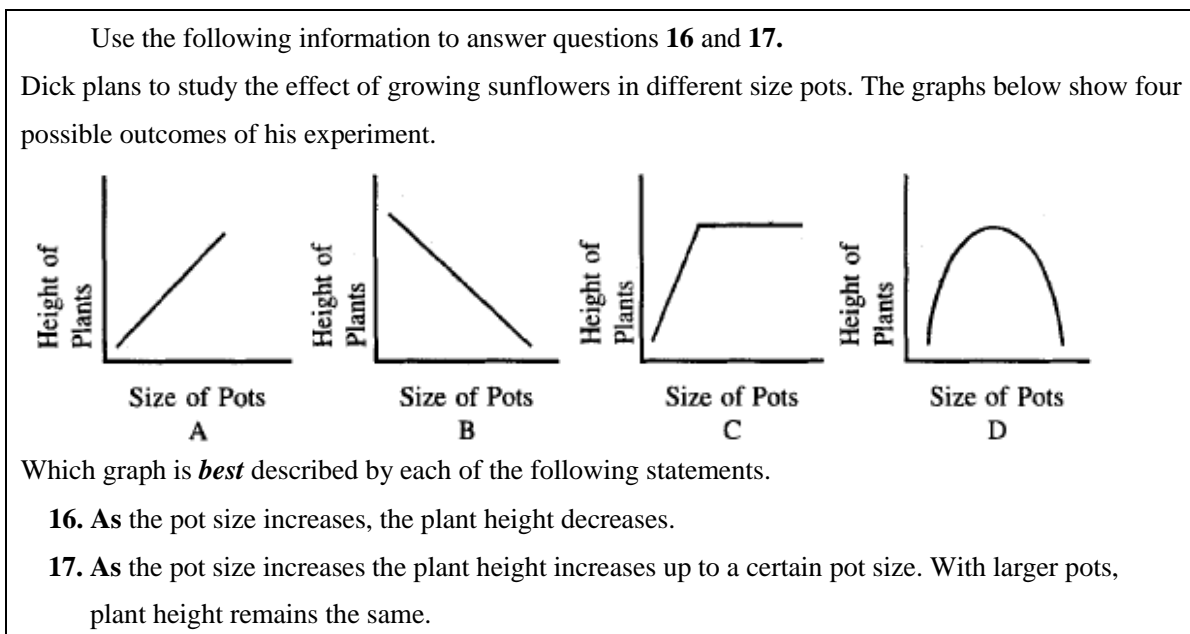


Fig 3. Two items from the Test of Graphing in Science dealing with graph interpretation (Objective 8).